

頸関節が大外刈に与える影響 第一報 作用足について

竹内外夫, 三浦修史*

A STUDY OF EFFECTS OF THE CERVICAL JOINTS ON THE TECHNIQUE OF OHSOTO-GARI: THE FIRST REPORT WITH FOCUS ON SAYO-ASHI

Hokao Takeuchi, Shuji Miura

In order to examine roles of the cervical joints in the performance of Ohsoto-gari, we have compared techniques performed by an active partner "tori" whose cervical joints were adjusted with and without a corset by using a 16mm camera at 100 frames/sec and analyzing them by a motion analyzer. As a result of experiments focusing on his Sayo-ashi, we have obtained the following consequences.

In the case where the active partner's cervical joints were restricted, they could not bend forward at the moment when he attempted to do "kake" and since flexional tonic neck reflexes emerged with restraint, the bending movement of his lower limbs was held back while their extension movement was promoted. In other words, because the hip joint of his actioned foot was forced into hip flexion more than it needed and the knee joint accordingly extended unnecessarily, a tendency appeared that the movement of Ohsoto-gari became overexpanded and the time required for the technique became longer. Consequently, in the case where the examinee tried to do Ohsoto-gari with his cervical joints under restraint, one will realize a fairly good possibility that not only he will find it difficult to complete the performance but also he will be counterattacked by a throwing technique of his passive partner "uke".

I. 緒 言

運動の基本は姿勢であり、一つの運動を引き起こすためにはそれに適した準備の姿勢が必要である。そして、準備の姿勢の多くは無意識的な活動とみられ、姿勢反射^{7),10)}(postural reflex)と呼ばれている。姿勢反射は、Magnusが動物における姿勢の根本となる基本の反射型をとらえ、分析・報告して以来、合理的な運動を

遂行する上で無視できない機構と考えられている。ところがこのような姿勢反射と身体運動との関係はどうであろうか。Magnusはヒトを含めサル以上の高等動物においては、去脳に等しい臨床例に姿勢反射を証明したが、正常なサル、健康正常人は見だし得ないとしている。しかし、福田^{11)-1,11)-2}は脳神経疾患の一症状としてヒトの姿勢反射は扱われてきたが、このような神経症状の一つとして見られていた人の姿勢反射、ことにその代表的なものである頸反射は、ヒトの日常の動作の基本をなして、これに

* 南山大学

より運動が円滑に運ばれ、特に最高度に筋力が要求される場合にはこの姿勢反射が現れ、これにより運動がスムーズに遂行されるとしている。すなわち、運動においては頸関節の動きが大きな役割を果たしていることになる。

三浦¹⁴⁾-1 は、福田により例示された柔道投技の代表的な大技である内股を仕掛けた場合の運動姿勢には頸反射が巧みに用いられているという報告にしたがい、胸鎖乳突筋の筋電図を記録し分析した結果、「受」の抵抗や重量が増すと、直接は技に関与していないはずのこの筋肉も出力が増加することを確認した。また、エレクトロゴニオメーターを使用して内股、大外刈の運動姿勢を記録し分析した結果、この姿勢の中に頸反射が発現していることを確認¹⁴⁾-2,14)-3,14)-4 している。さらに、三浦、竹内¹⁴⁾-5,14)-6 は 16 mm 高速度撮影フィルム分析法により大外刈の運動

姿勢を分析した結果、柔道熟練者は、未熟練者に比較して頸関節の運動範囲が大幅に大きいことを報告している。

そこで、本研究は、このような投技の基本姿勢として確認された頸反射が、投技の効果に関わっているかを、さらに追求するために研究を試みたものである。

II. 実験方法

本実験の被験者は、大外刈を対象とした一連の 16 mm 高速度撮影フィルム分析法による研究の被験者のうち、現在も体育学部で柔道を専攻し四段を所有している O. Y を「取」として選び、「受」は二段を所有し「取」に比較して身長、体重ともにまさる K. S を選んだ。被験者の基本的体格は表 1 に示す通りである。

大外刈の動作の記録は、「取」が「受」を 10 回投げた動作を、被験者の側方 28.3 m、高さ 1 m の位置から 16 mm シネカメラを用いて毎秒 100 コマで撮影した。尚、頸関節が投技に与える影響を究明するために、「取」の頸関節にムチ打ち症治療用のコルセットを装着し、関節に運動

表 1 被験者の基本的体格

被験者	段	年齢	利技	身長cm	体重kg	背筋力kg	握力kg	
							右	左
取:O. Y	4	21	左	177	78	149	54	56
取:K. S	2	19	左	179	105	181	60	50

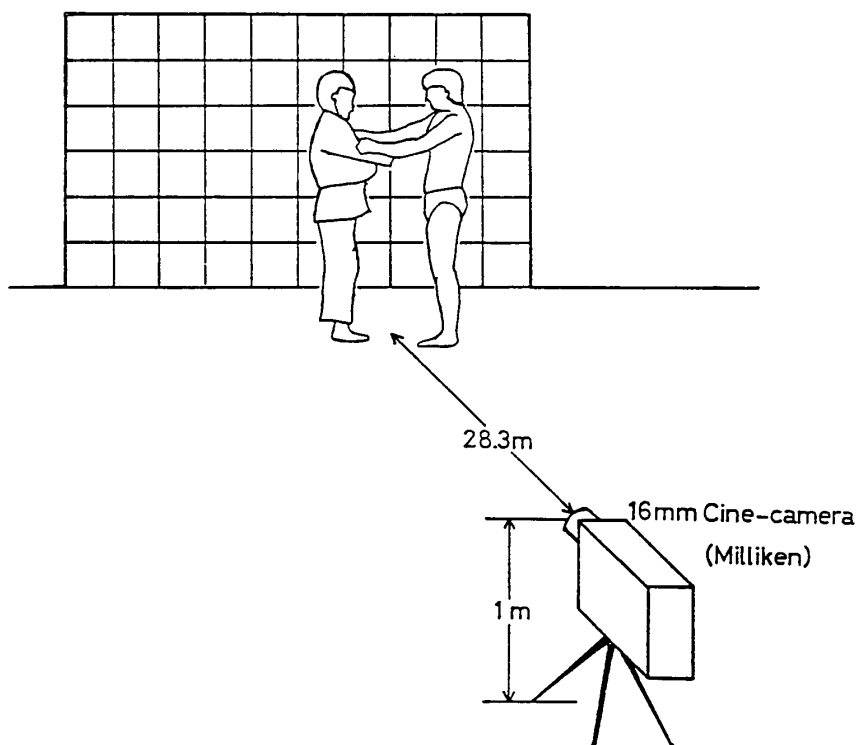


図 1 実験場面の模式図

制限を与えた場合とそうでない場合の二つの条件で実験を行った。被験者「取」には、あらかじめ耳珠点 (Tragus), 肩峰点 (Shoulder), 大転子点 (Hip), 脛骨点内側 (Knee), 内顆点 (Ankle), 拇指球点 (Toi) にマークを貼付してある (図 1 参照)。

動作の分析⁹⁾ はグラフペン, コンピューターのオンラインシステムにより $\theta 1$: 頸関節角度 (Neck), $\theta 2$: 体前屈角度 (仙腸関節 Sa-

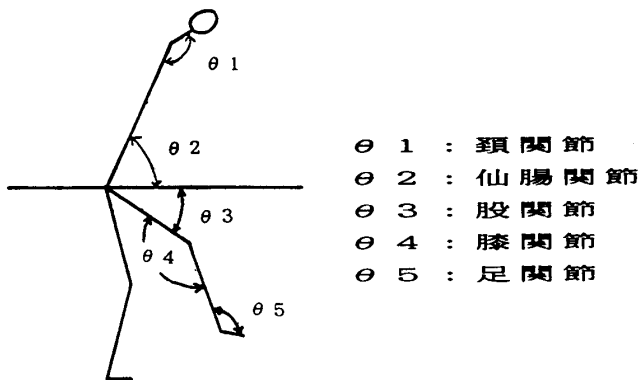


図 2 被験関節

croiliac), $\theta 3$: 股関節角度 (Hip), $\theta 4$: 膝関節角度 (Knee), $\theta 5$: 足関節角度 (Ankle), および, つまり先部 (Toe) の速度を測定した (図 2 参照)。

大外刈の運動経過は^{1), 4), 13)}, 4つの時点に区分した。すなわち, スタートは軸足が一步踏み込まれた時点, Aは作用足が最も前方に振り出された時点, Bは作用足が「受」の下肢に掛かった時点, Cは作用足が後方に高く刈り上げられ「受」の手が受身のために畳に着いた時点である (図 3 参照)。

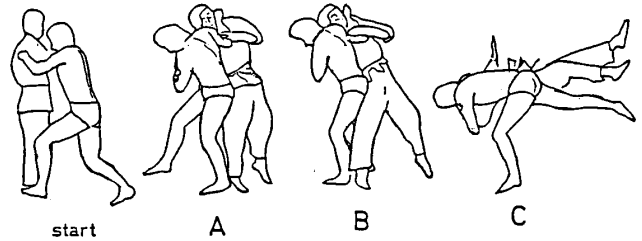


図 3 大外刈の運動経過

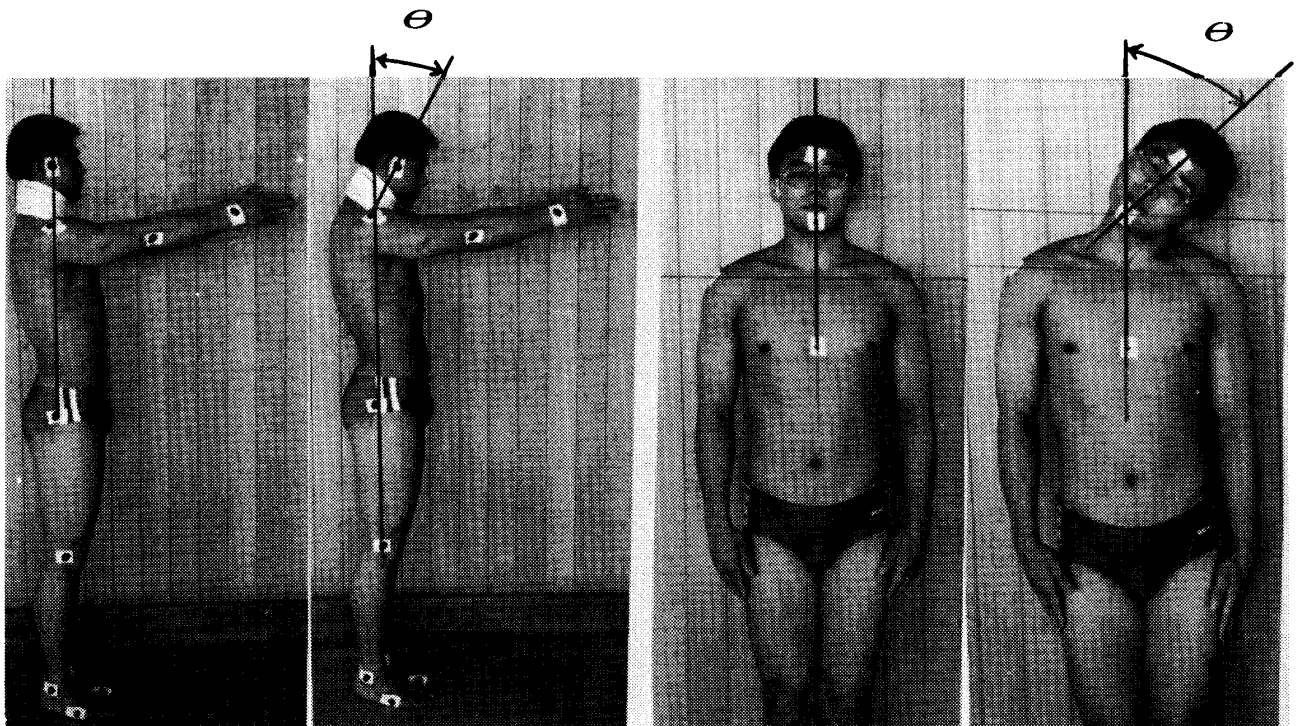


図 4 頸関節可動範囲測定風景

III. 結 果

1. 頸関節の運動範囲

図4は、被験者(O.Y)の頸関節運動範囲の測定方法を示すものである。上肢を前方へ挙上した被験者の側方から写真を撮り、耳珠点、肩峰点、大転子点が同一線上にある状態を基本軸とした。この状態から頭部を最大限に自動的に前屈した値を前屈角度とし、後屈した値を後屈角度とした。左側屈、右側屈は、前額中央点とオトガイ隆起点、剣状突起を通る線を基本軸とし移動軸は前額中央点とオトガイ隆起点とした。

表2は、実験条件と頸関節の運動範囲を示したものである。コルセットを装着した場合は前屈角度は28度、後屈角度は11度、左側屈角度は23度、右側屈角度は25度である。コルセットを装着しない場合は、前屈角度は39度、後屈角度は28度、左側屈角度は45度、右側屈角度は40度である。コルセットを装着しない場合は、前屈角度は37度、後屈角度は28度、左側屈角度は45度、右側屈角度

表2 頸関節運動範囲

項 目	前屈角度	後屈角度	左傾角度	右傾角度
A:コルセット装着	28度	11度	23度	25度
B:コルセット装着なし	39度	28度	45度	40度
A/B×100=()%	71.8	39.3	51.1	62.5
可動制限%	28.2	60.7	48.9	37.5

は40度である。運動制限は前屈角度は28.2%、後屈角度は60.7%、左側屈角度は48.9%、右側屈角度は37.5%である。以上のことから、コルセットを装着した場合は、ギブス固定のような100%の運動制限にはならないが各運動はかなり抑制されることが認められる。このようにして頸関節の運動を抑制した場合に作用足にいかなる影響がでるのかを明らかにするために実験を進めた。

2. 大転子点(Hip)を固定して描いた上体と作用足の線画

図5は、コルセットを装着した場合と装着しない場合の大外刈について、上体と作用足の動きを大転子点を固定して0.02秒間隔で描いた線画である。つま先部(Toe)に記入されている番号1はスタート時点を表す。コルセットを装着しない場合は、上体がstart時点から前屈を始める。そして、C時点には耳珠点(Tragus)と肩峰点(Shoulder)を結ぶ線を前屈し、大転子点よりも下に位置する。下肢についてみると、スタート時点から、大転子点と脛骨点内側を結ぶ線は前上方へ動き、19の時点に最も前に位置している。つづいて、作用足は振り下ろされる。「受」の下肢に掛かる時点に膝関節は一時的に屈曲するがその後は、伸展して技を決めている。コルセットを装着した場合は、上体は大転子点よりも下方に前屈するが、耳珠点と肩峰点を結

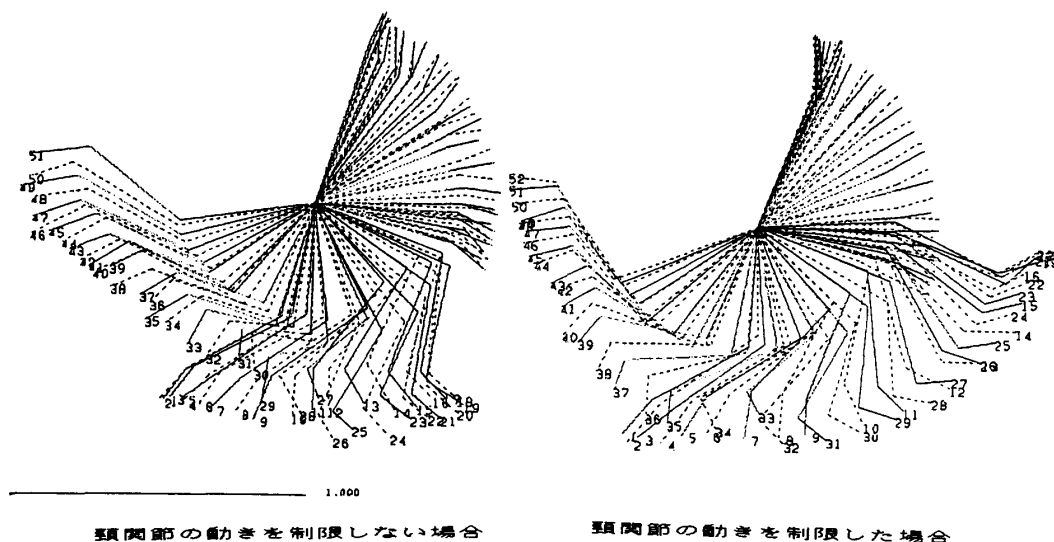


図5 大外刈の動作 (スティックピクチャー)

ぶ線の前屈は認められない。下肢の動きをみると、スタート時点から大転子点と脛骨点内側を結ぶ線は、前上方に動き 20 の時点で膝関節は伸展し、つま先部は、大転子点の近くまで上がる。コルセットを装着しない場合よりも高い位置に作用足が上がっていることが分かる。その後、振り下ろされて「受」の下肢を刈る。しかし、膝関節は軽度屈曲した状態で技を終了している。また、下肢の振り上げ、振り下ろしの線の間隔は、コルセットを装着した場合と比較して装着しない場合の方が広く、作用足の速度が速いことが分かる。

3. コルセットを装着しない場合の被験関節の角度変化

図 6 は、「取」が大外刈で「受」を 10 回投げた試技の中から 20 年以上柔道を指導してきた著者らが成功した技と認めた 5 回の値を集合平均する方法によってグラフに積算平均化^{9),15)}を施してある。この方法は、同一条件のもとで繰り返し測定された多数の波形を対象に、非定常的な性格を持つ雑音を除去するのに効果を発

揮する。我々は、この被験者の期待値を正確に把握することを目的に使用した。

頸関節についてみると、スタート時点から後屈を始め、0.2 秒後には 202 度の最大値を示す。次いで、前屈を始め 0.62 秒には 160 度の屈曲位になる。その後は、大きな変化をせずに技を終了する。

上体前屈角度は、スタート時点は 60 度の軽度前屈位であるが 0.02 秒には 69 度と僅かに後屈をする。その後は、徐々に前屈していき C 時点には -16 度となり大転子点よりも下方に上体は位置する。

ももあげ角度（股関節）についてみると、スタート時点は 107 度であるが、その後は急速に股屈曲し A 時点には 17 度になる。大腿部が大転子点の高さに近づくことが分かる。その後、急速に股伸展し C 時点には 168 度になる。これより、作用足を急速に振り下ろしていることが分かる。

膝関節についてみると、スタート時点は 139 度である。その後は徐々に屈曲していき 0.22 秒

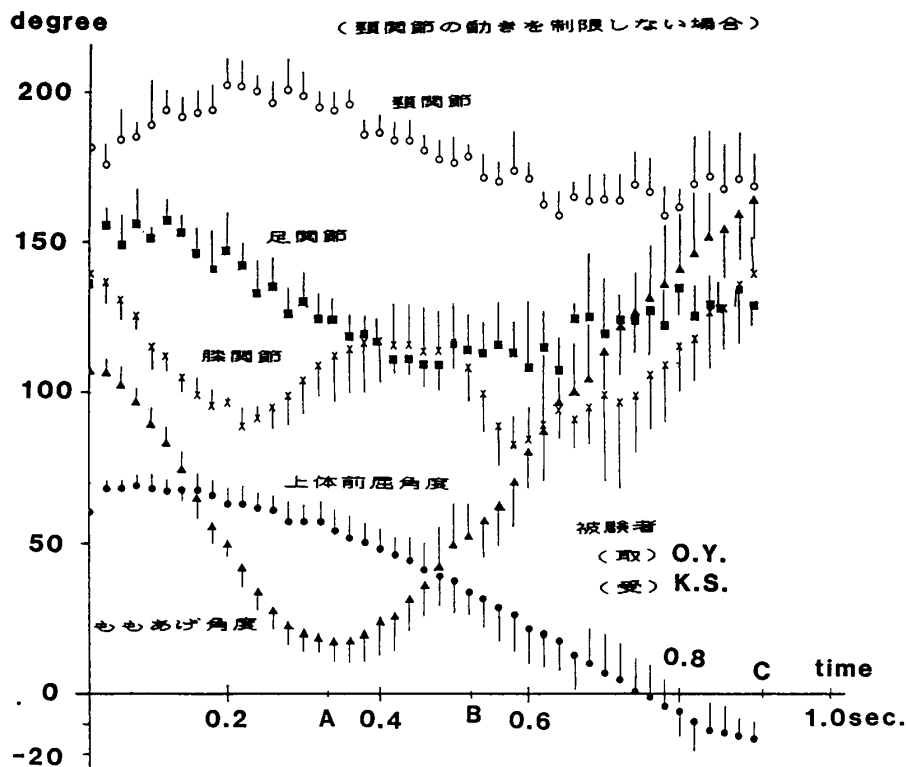


図 6 関節角度変化

には90度になる。その後、再び伸展しA時点には112度になる。さらに作用足が振り下ろされても膝関節の伸展はつづき、A時点の0.06秒後に、最大値の118度になる。そして、B時点まで大きく変化はしない。B時点は116度である。その後0.06秒間は急速に屈曲し85度になったあと、再び伸展する。

足関節についてみると、スタート時点は137度であるが作用足が振り出されるにしたがって足底屈し、0.02秒には150度以上の値になる。0.1秒からは足背屈に変わりA時点には124度の軽度足背屈になる。そして、B時点までさらに足背屈を深め、B時点の直前に109度になる。その後0.1秒間は大きく変化はしない。0.64秒からは再び足底屈する傾向がみられる。

4. コルセットを装着した場合の被験関節の角度変化

図7は、「取」の頸関節にコルセットを装着して運動制限を加えた場合の被験関節の角度変化を示すグラフである。図6と同様にグラフには積算平均化を施してある。

頸関節についてみると、スタート時点は191度、0.16秒には200度、A時点には204度と大きくは変化しない。A時点以後、徐々に前屈するがグラフは階段状を示しスムーズに前屈がなされていないことが分かる。B時点には184度、C時点は169度と非常にゆっくりと前屈する。このことから、コルセットにより関節運動が抑制されたことが分かる。

上体前屈角度についてみると、A時点までは制限しない場合と同様に大きくは変化しない。A時点後は前屈し1秒の時点に最小値-13度になる。しかし、制限しない場合と比較して緩やかな前屈カーブを示している。

ももあげ角度（股関節）についてみると、スタート時点は92度であるが0.32秒には股屈曲して最小値5.2度になる。その後、股伸展していき163度で技を終了する。制限しない場合と比較して股屈曲が著しいことが特長である。

膝関節についてみると、スタート時点は120度の軽度の伸展位であるが0.18秒には92度まで屈曲する。その後、伸展してA時点には139

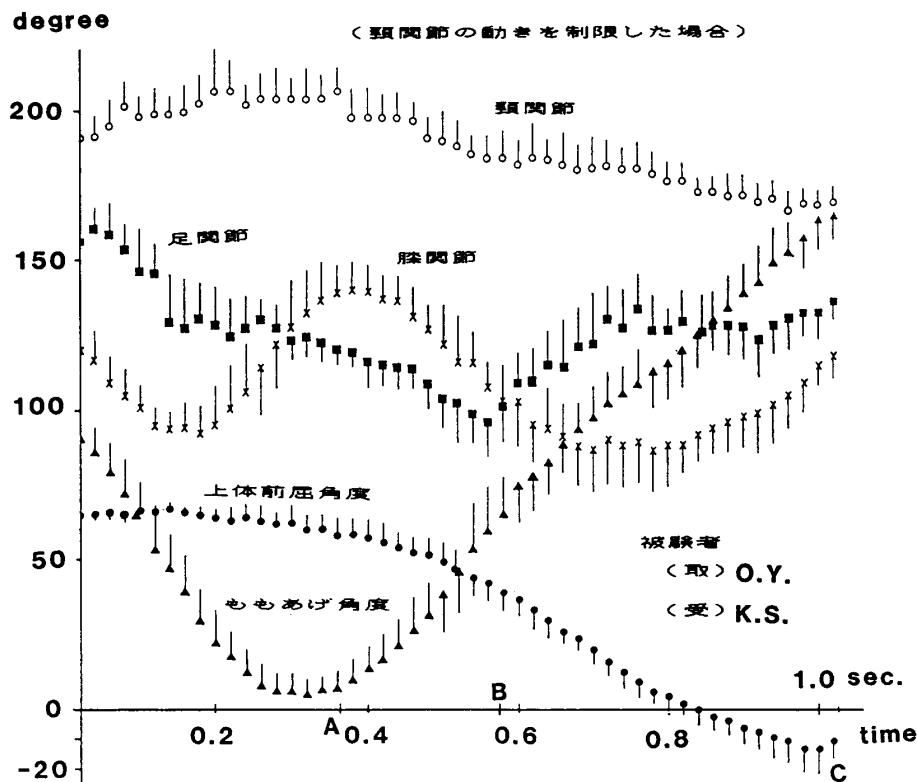


図7 関節角度変化

度、A時点の0.02秒後に最大値140度になる。制限しない場合と比較して、A時点に著しく伸展することが分かる。そして、作用足が振り下ろされるにしたがって屈曲していく。B時点は103度になり、その後、「受」の下肢に掛かったためにさらに0.1秒間は屈曲し87度の最小値になる。その後、徐々に伸展し、121度で技を終了する。この値は制限しない場合(140度)と比較して小さく、フォロースルーの時点に膝関節の伸展が抑制されることが分かる。

足関節についてみると、スタート時点は156度であるが0.12秒には128度と急速に足背屈する。そして、A時点までは大きな変化をしない。A時点は120度、B時点はさらに足背屈して97度の直立位になる。そして、足底屈に変わり0.76秒の時点には133度になる。その後は大きな変化をしない。

以上のように、頸関節の運動を抑制した場合は、作用足を前方へ振り出す程度において大腿部が高く上がり膝関節が140度に伸展していることが特長的である。

5. 頸関節角度変化

図8は、制限した場合と制限しない場合の頸

関節の角度変化を比較したものである。図6、7は積算平均化して誤差補正した期待値により比較を試みたが、この図は被験者の実験に対する不慣れと、後半の疲労を考え、著者等が成功したと考えた4回目の試投を5点平滑^{9),15)}法によりスムージング処理を加え、誤差を除去したものである。すなわち、被験者が実際に表現した動作の関節角度変化を示す図である。このグラフは縦軸が角度、横軸は技の所用時間を100%に換算した時間を表し、A(34.9%)、B(61.2%)時点は制限した場合、a(37.2%)、b(52.3%)時点は制限しない場合を示す。制限した場合はA時点からB時点までの間隔が長いことが分かる。

スタート時点(0%)からB、b時点までは両グラフに同様に変化し、最大値は制限しない場合は212度、制限した場合は210度である。直立位は180度、制限した場合の可能な後屈角度は11度であるから191度以上の値は後屈を示したものでなく、他の要素が含まれていることになる。同様に制限しない場合は、後屈可能角度は28度であるから208度以上は他の要素が含まれたものと考えられる。撮影されたフィルムを観察すると肩峰点が先行したために生じ

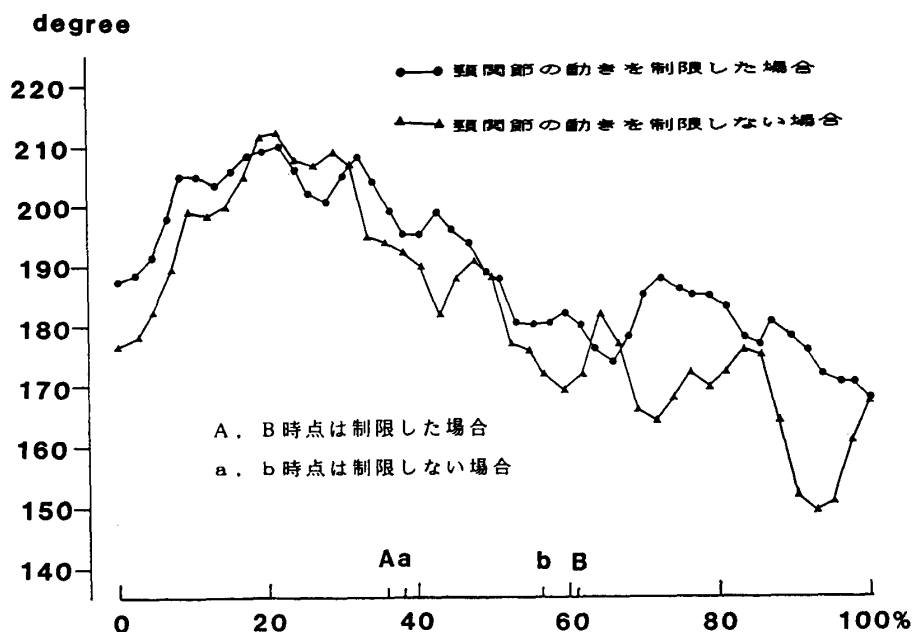


図8 頸関節角度変化

た見せかけの後屈であることが分かった。特に制限した場合は肩の先行が著しいことが分かる。制限した場合、A時点は198度、B時点は180度の角度を示す。その後も、190度から170度の間を変動するだけで前屈可能な152度に近づくことはない。すなわち、コルセットが予想以上の運動障害になることが分かる。制限しない場合は、51.1%から59.5%の時点に後屈位から前屈位に急激に変わっている。その後、59.5%から64.3%の間に直立位に戻り、再び71.4%に164.8度まで前屈する。そして、83.3%から92.9%にかけても急激に前屈している。すなわち、作用足を前方へ振り上げた時点から「受」の下肢に掛ける時間帯、掛けた下肢を刈り上げて行く時間帯、そして、技を決めるフォロースルーの時間帯に前屈している。特にフォロースルーの時間帯が著しい。

6. 上体の角度変化

図9は、上体の角度変化を先と同様な条件で比較したものである。両グラフの間には大きな違いがあることが分かる。

制限した場合は、スタート時点から40.4%ま

で大きな変化はみられない。その後は前屈していく。これより、作用足が完全に前上方へ振り出されてから上体が前屈することが分かる。制限しない場合は、4.8%の時点から前屈を始め、グラフは直線的に前屈することを表している。非常に速い時点から上体が前屈することが特長である。a時点は作用足を前方へ振り出す時点であると共に「取」の上体と「受」の上体が衝突する時点でもある。すなわち、制限した場合は上体が直立位で衝突し、制限しない場合は上体を前屈しながら衝突していることが分かる。制限しない場合は踏み込みのスピードと上体を前屈するスピードが合わさることになり、「受」に与える衝撃力も大きくなる。以上の結果から、頸関節の運動は上体の運動に大きく影響を及ぼしていることが分かる。この結果は、期待値のグラフによる比較の結果と一致した。

7. ももあげ角度（股関節）の比較

図10は、ももあげ角度（股関節）の角度変化を先と同様の条件で比較したものである。直立位は90度である。

制限した場合は36.2%でマイナスになり、

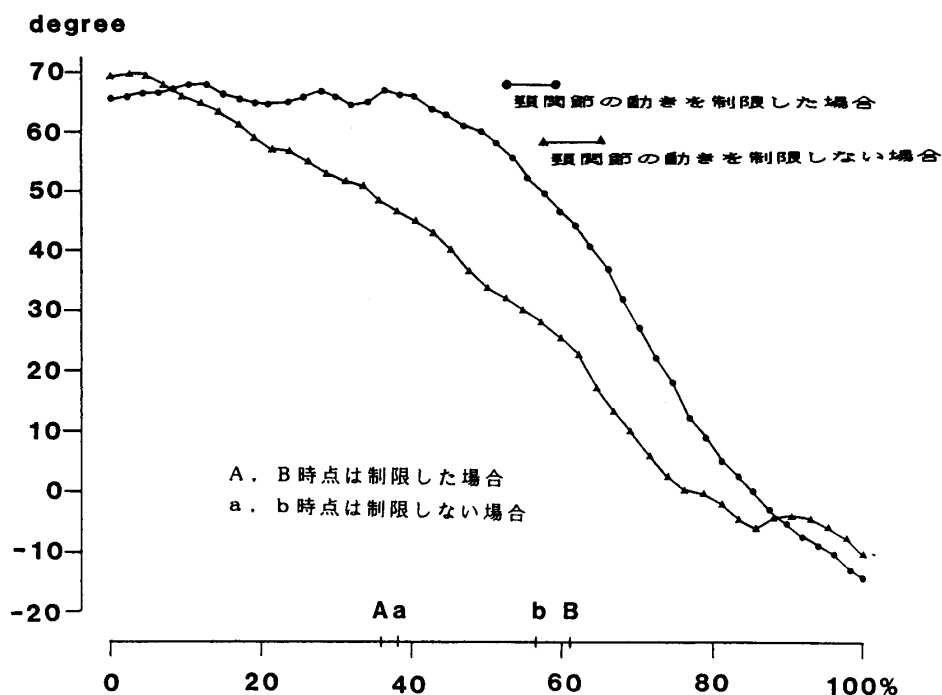


図9 上体前屈角度変化

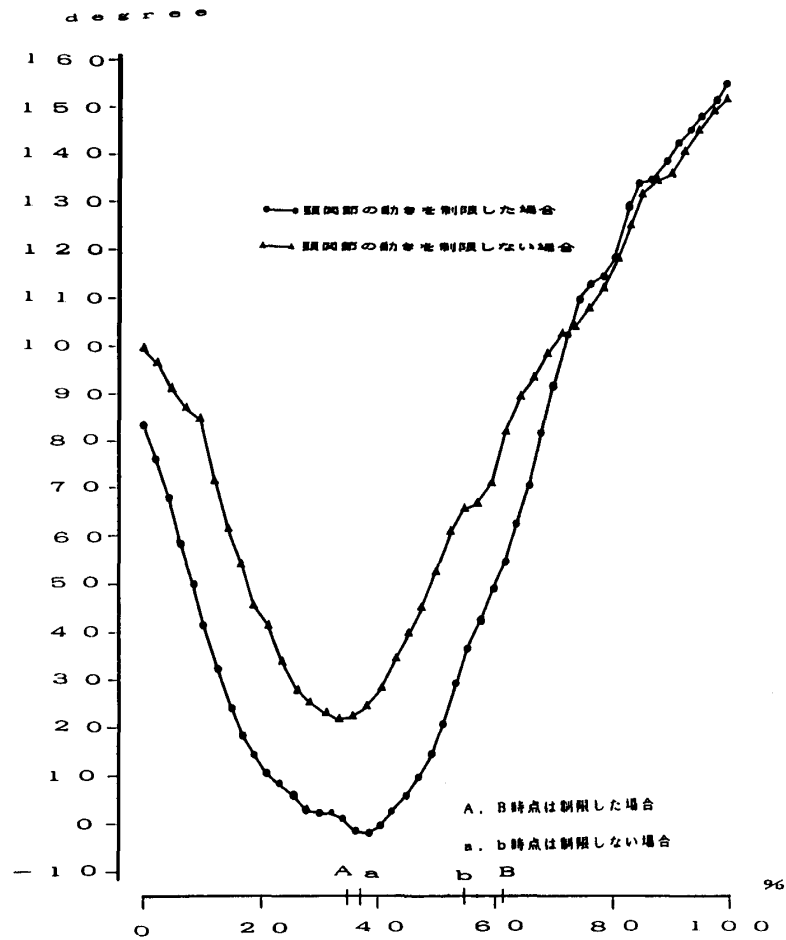


図10 ももあげ角度（股関節）変化

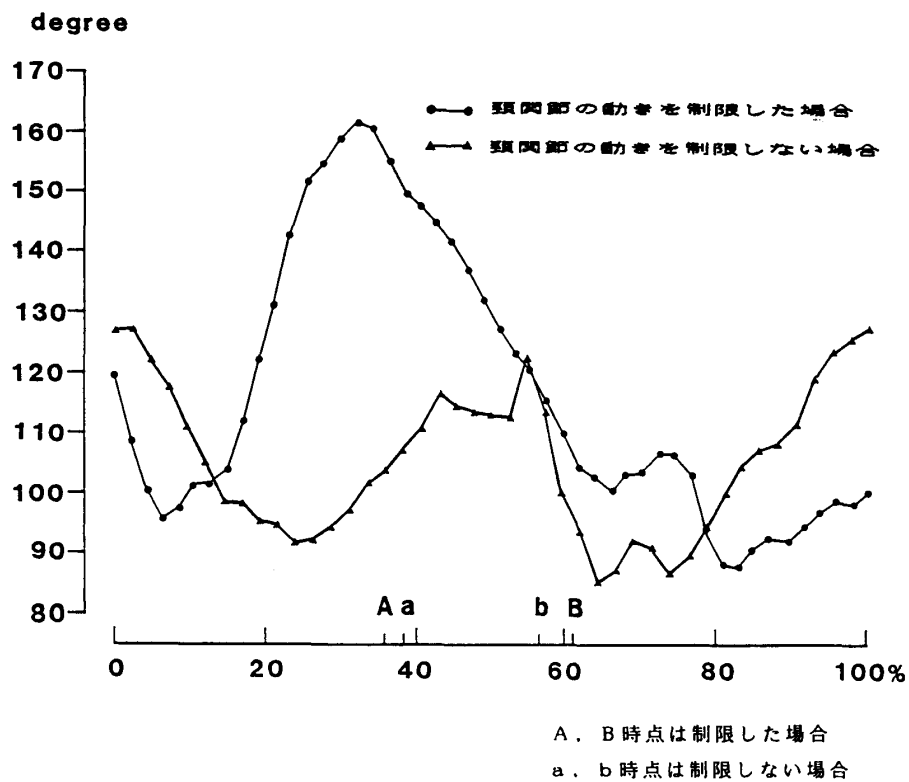


図11 膝関節角度変化

38.3%の時最小値-1.87度を示す。そして、74.5%以後は曲線が変化し緩やかなカーブとなる。すなわち、股伸展の速度が遅くなることが分かる。制限しない場合は33.3%の時点に最小値22.0度になるが制限した場合のようにマイナスになることはない。その後、股伸展して作用足は振り下ろされる途中で股伸展速度が大きく変わることがみられない。以上の結果から、制限されると股屈曲が大きくなり大腿部が大転子点よりも高く上がることが分かる。

8. 膝関節の角度変化

図11は、膝関節の角度変化を先と同様の条件で比較したものであり、このグラフも大きな差があることが分かる。

制限した場合は12.8%の時点から急速に伸展していき、31.9%の時点では162度になる。この時点は、ほぼA時点と一致しており、作用足を前方に振り出す動作に膝関節が大きく関係することが分かる。その後、66%の時点に101度まで屈曲する。この時点は、ほぼB時点と一致しており、作用足が振り下ろされるにしたがい膝関節は屈曲することが分かる。B時点以後は一時わずかに伸展するが、これは「受」の下肢

に掛かった時に生じたもので、その後はさらに屈曲していく。78.7%の時点からは再び伸展するが、グラフの角度が緩やかなことからその速度は遅いことが分かる。この時点は、先の股関節の股伸展速度が技の後半に遅くなる時点とほぼ一致する。制限しない場合は23.8%の時点から伸展するが42.9%の時点には動きは止まる。a時点は、37.2%であるので、この時点は前者とは異なり伸展していることが分かる。b時点直前に一時、伸展し、その後は、急速に64.3%の時点まで屈曲する。これより、「受」の下肢に掛かったことが分かる。73.8%の時点までは大きな変化はみられないが、その後、急速に伸展し127度で技を終了する。制限した場合は100度で終了している。これらのことから、頸関節が膝関節の働きに大きく関与していると言える。

9. 足関節の角度変化

図12は、足関節の角度変化を先と同様の条件で比較したものである。両者のグラフは同じ様な変化をしている。

制限した場合についてみると、29.8%の時点から34%の時点にかけて急速度に伸展するが、

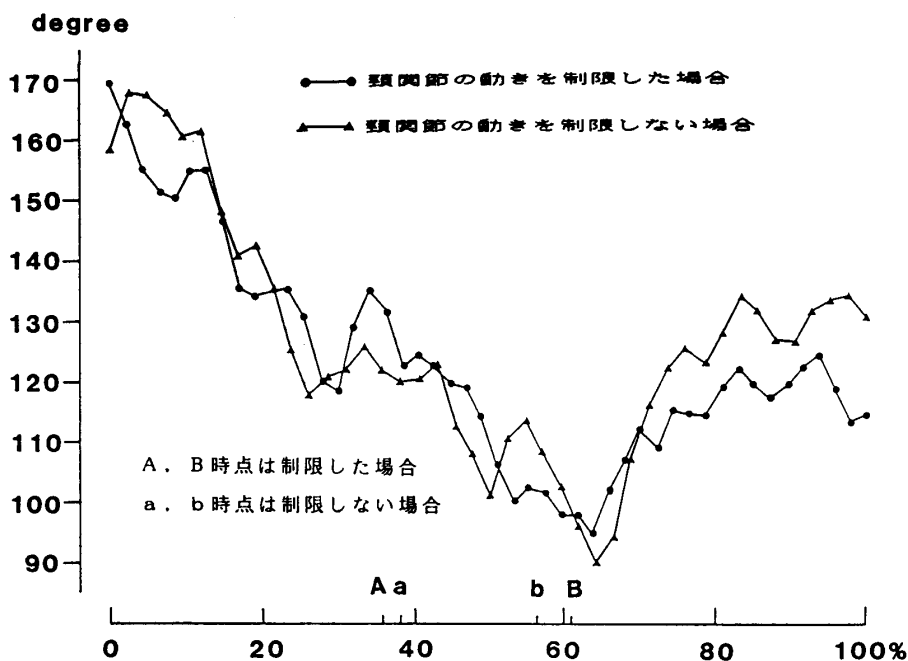


図12 足関節角度変化

これはA点と一致している。その後は、直立位(90度)に近づき、63.8%の時点には94.7度になる。そして、その後は徐々に伸展していく。制限しない場合は、26.2%の時点に118度の伸展位になり、その後は大きな変化はみせないでa時点になる。この後も42.9%の時点まで大きな変化をしないが42.9%からは急速に足背屈して64.3%の時点は90度になる。この時点は「受」の下肢に作用足が掛かったb時点に一致する。64.3%の時点からは急速に伸展していき76.2%の時点は125.8度になり、足関節を充分に働かし「受」を刈ることが分かる。その後、段階的に伸展して技を終了する。以上の結果より、制限した場合はAからB時点に足関節はよく働き、制限しない場合はb時点以後に働いていることが分かる。すなわち、頸関節の動きを制限すると「受」の下肢を刈り、技を決める時点に足関節は強く影響を受ける訳である。

10. つま先部(小指球点)の速度

図13は、作用足のつま先部の速度変化を比較したものである。Y軸は速度をあらわし、プラ

スは上方向の速度を、マイナスは下方向の速度を示す。X軸は技の所用時間を100%に換算した時間を表す。

両グラフ共にスタート時点は0になっていないことから、技を掛ける場合は軸足が一步踏み込まれた時点に作用足がすでに動いていることが分かる。すなわち、ジャンプしているわけである。動きを制限した場合は、0.9 m/秒の速度でスタートし、18%の時点には4.5 m/秒の最高速度になるが、28%の時点には0.5 m/秒と遅くなり、その後、0.3, 0.4, 0.4, 0, -0.5, -0.6 m/秒と言う非常に速度の遅い時点が42%の時点までつづく。A時点は34.9%の時点であるのでこの時点の前後が非常に遅いことが分かる。次いで、44%時点からは急速にマイナス方向の速度が上がり、B時点(62%)には-4.5 m/秒の下方向の最高速度になる。制限しない場合は、0.5 m/秒の速度でスタートし、11.9%の時点には2.7 m/秒に速度が上がる。その後、2.8, 2.6, 2.6 m/秒と速度は停滞する。次いで、速度を増し、23.8%の時点に3.3 m/秒の上方向の最高速度になる。そして、速度は、

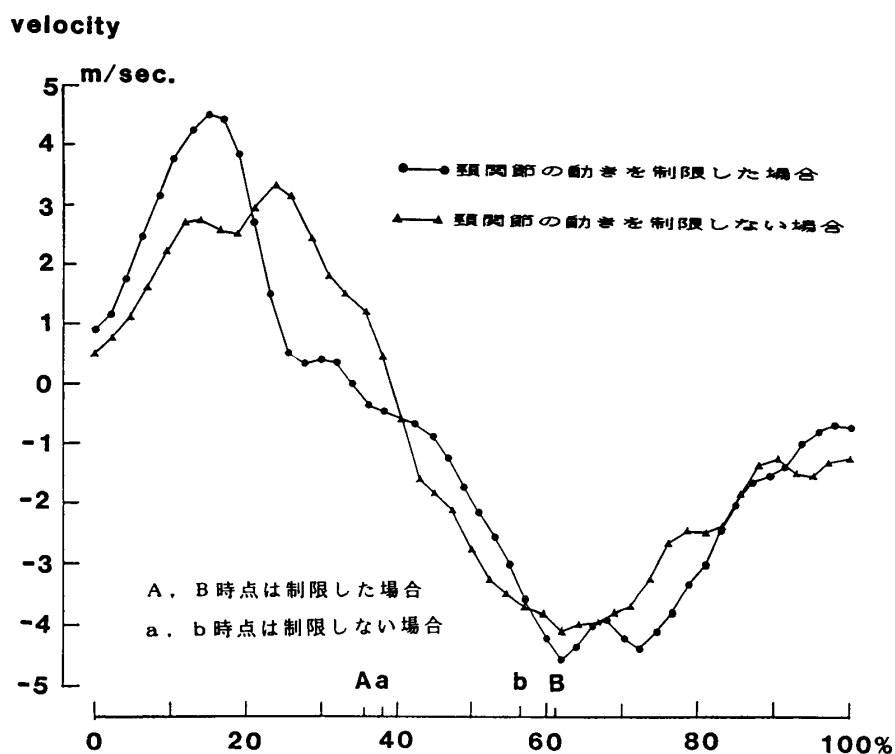


図13 つま先部の速度変化

a 時点 (37.2%) に近づくにつれて遅くなるが 38.1% の時点には -0.6 m/秒 とマイナス方向に変わり、42.9% の時点は -1.3 m/秒 、45.2% の時点は -1.8 m/秒 、47.6% の時点は -2.1 m/秒 、50% の時点は -2.8 m/秒 とマイナス方向の速度を増していき、動きが止まることはない。以上のことから、頸関節の動きを制限した場合は、前上方へ振り上げた作用足を振り下ろすという動作に切り替えるとき速やかに切り替えることが出来ず動きが滞ることが分かる。

IV. 論 議

投技の基本姿勢として認められた頸反射が、実際の投技の遂行に、いかに関わっているかを究明するために、柔道熟練者の頸関節をコルセットにより運動制限した場合と運動制限しない場合の大外刈について調べた。本研究の分析結果の誤差は 1% 以内である。

最初に、10 回の試投の中から技が成功したと著者らが判断した 5 回を選び、被験関節の角度変化を積算平均化して比較してみた。本実験の被験者は、柔道熟練者で技の再現性は高いため、この方法は、被験者の技の特性を知るためには有効である。両条件のもとでの大きな違いは、股関節と膝関節の角度変化である。制限しない場合の股関節は、スタート時点から股屈曲し、A 時点には 16.5 度の最小値になる。その後は、股伸展する。制限した場合は、A 時点前 0.04 秒に 5.2 度の最小値を示し、後は股伸展する。制限しない場合の膝関節の股屈曲は A 時点に 110 度、そして、その後はさらに股屈曲して 118 度になる。以後は、B 時点まで大きな変化をしない。制限した場合は、A 時点の直後に 140 度の最大値になる。このように頸関節の動きを制限すると、作用足の大腿部は A 時点に高く上がり (大転子点の近くまで)、膝関節も十分に伸展することが分かる。このことは、技の効果としてどのような意味を持つものであろうか。大外刈は、作用足により「受」の下肢をとらえ、刈り倒して後方へ投げる技である。初心者を指導する場合は、「受」の下肢を的確にとらえることを理解させるために、作用足を高く前上方へ振り

上げさせることはあるが、この場合は、当然、所用時間が長くなり、作用足を振り下ろし「受」の下肢に掛けるまでに時間を要する。すなわち、「受」に、逃げるチャンスを与えるだけでなく、返し技を掛けられる可能性も高くなる。この被験者は、作用足を高く上げる大外刈を得意とするタイプの選手でないことから、この動作は、頸関節の動きが抑制されたために生じたものであると言える。

次に、実際にはどのような動作の差が生じたかをみるために、実験に対する不慣れや疲労を考え、技が成功したと認められた 4 投目 (両条件ともに) の角度変化を取り上げて比較してみた。グラフは、入力時に生じた誤差を除去するために 5 点平滑法によりスムージング処理を施した。頸関節の角度変化を比較して、コルセットにより関節の運動制限がなされていることが理解できた。特に、前屈動作に著しい影響があった。すなわち、頸関節を運動制限するという本実験の条件にかなっていると言える。

上体の動きについて比較すると、制限した場合は、前屈動作の開始が遅れ、A 時点から開始することが分かった。我々は、大外刈を対象に上体と軸足について運動力学的に考察をくわえた結果、熟練者の場合は、頸関節の前屈と仙腸関節の前屈がスムーズに連続され、「受」の上体に強い衝撃力を与えていることを報告した。また、未熟練者の場合は、上体の前屈速度が熟練者のそれよりも遅く、A 時点以後、遅い場合は B 時点後に急速度に前屈する。そして、本実験の制限をした場合と同じ角度変化を示した未熟練者もいた。このことから、頸関節の動きを制限すると、熟練者にみられる上体の使い方がなくなることが理解された。股関節と膝関節の実際の角度変化においても、上記した期待値による比較と同じ結果が確認できた。股関節についてみると、制限した場合の最小値は -1.87 度であるが、制限しない場合は 22.0 度で、期待値の値よりもさらに両者の差は開く。膝関節の伸展動作は、制限した場合の最大値は 162 度になる。制限しない場合は、A 時点は 107 度の伸展位であるが、その後、さらに伸展し b 時点に最大値

123 度を示す。このことから、期待値よりも、現実には作用足はより高く、そして、膝関節もより伸展することが分かる。足関節についてみると、両者の間には大きな差は認められなかった。B 時点以後の足底屈に若干の影響が認められた。「受」の下肢を刈る場合に、働きが弱くなることが分かった。

以上のように、期待値および実際の角度変化から頸関節が技に与える影響を確認した。これらのことから、頸関節の役割について考えてみると、軸足を一步踏み込み、作用足を前方へ振り上げる動作において、上肢を屈曲して「受」を引きつける。この効果をさらに補強するために、頸関節を前屈し、対称性頸反射を発現させる。しかし、この前屈を抑制すると、頸反射は発現せず、本来ならば抑制されるはずの四肢の伸展動作が解放されたために、作用足は軸足を踏み込んだ時の慣性により前上方へ振り出される。すなわち、大腿部がまず高く上がり、ついで膝関節が伸展する訳である。股関節は、膝関節が屈曲した場合は股屈曲が楽に出来るが、膝関節を伸展した状態では難しいという解剖学的にかなった動作である。しかし、このような必要以上に大きい動作は、「受」に逃げる機会を与えるだけでなく、返し技をかけられる可能性が高くなる。

次に、作用足の速度について比較すると、制限した場合、前方へ振り出す速度はスタート時点は 0.9 m/秒 である。そして、速度は上がり、技の所用時間の 18% の時点で 4.5 m/秒 のプラス方向の最高速度を示す。その後、急激に減速して、28% の時点には 0.5 m/秒 に落ちる。このような低速度の時間は、A 時点を挟んで 40% もつづく。特に、A 時点直前には 0.0 m/秒 になる。このことは、制限した場合は、動作が大きくなるだけでなく、作用足を前上方へ振りあげてから振り下ろす間に、動きが止まる時間帯があることを表している。この時間帯は、攻撃の用をなさず、「受」に技から逃げる機会を与えると共に、返し技をかける時間的余裕をも与えることになる。また、制限された場合は、股関節の角度変化から作用足は高く上がるこ

が分かった。このように作用足が高く上がるということは、位置エネルギーが大きいことを表す。位置エネルギーが大きいことは、それが振り下ろされて運動エネルギー^{3),6),12)}に変化した場合は、その運動エネルギーも比例して大きくなる。このことは、マイナス方向の最高速度が B 時点に -5.3 m/秒 にもなることから理解される。すなわち、作用足は、早い速度で「受」の下肢と衝突するわけで、大きな仕事をすることが分かる。しかし、制限しない場合は、制限した場合と比較して股屈曲は少なく、位置エネルギーは小さいと思われたが、b 時点の直後に -4 m/秒 にもなり大きな差はないことが分かった。このことから、位置エネルギーだけでなく、筋力によっても作用足は加速されていると言える。

このような作用足の関節動作の拡大、速度の減速は、技の所用時間に影響すると考えられる。表 3 は、技の所用時間を表したもので、5 回の試投の平均値である。制限しない場合は 0.91 秒であるが制限した場合は 1.02 秒に延長している。先の結果の影響が表れている。この遅れが何時の時点に生じているかを見ると、スタート時点から A 時点の間の差は 0.025 秒で 7% の遅れ、A 時点から B 時点の間では 0.039 秒で 21% の遅れ、B 時点から C 時点の間では 0.044 秒で 11% の遅れである。全体では、0.11 秒の遅れで 12% の遅れであった。すなわち、A 時点から B 時点の間に遅れは著しく生じていることが分かる。制限した場合の作用足は、A 時点の前後に減速するが、これはその時間帯と一致する。

以上の結果から、頸関節の動きは、大外刈の技の効果に大きく影響を与えることが分かる。ソウルオリンピックにおいて、金メダルの獲得

表 3 技の所用時間

項 目	スタート～A	A から B	B から C	スタート～C
A : コルセット装着	0.363 秒	0.225 秒	0.432 秒	1.02 秒
B : コルセット装着なし	0.338 秒	0.186 秒	0.388 秒	0.91 秒
A - B	0.025 秒	0.039 秒	0.044 秒	0.11 秒
A/B × 100 = () %	107	121	111	112
動作の遅れ %	7.0	21.0	11.0	12.0

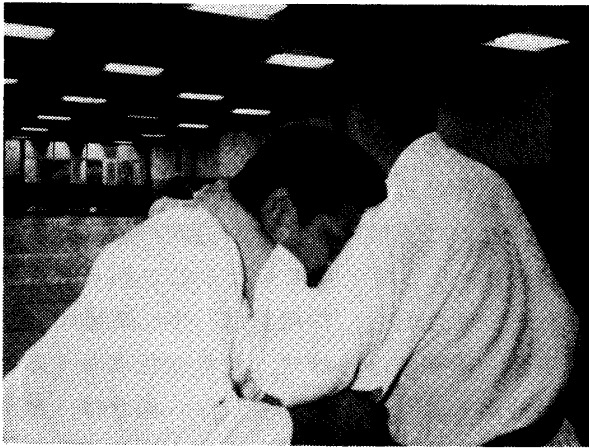


図14 後ろ襟を持つ組み方

を期待された、古賀、岡田両選手が破れメダルさえ獲得できなかったことは、日本柔道界に大きなショックを与えた。この敗因を考える場合に、外国選手の組み方を考えに入れる必要がある。古賀選手の対戦相手は172 cmのテナーゼ(ソ連)、岡田選手の対戦相手は、188 cmのタイヨ(フランス)であった。両選手共に後ろ襟を持つ組手の選手で、古賀、岡田両日本選手は組負けていた(近代柔道10月号から)。身長の高い外国選手の多くは、後ろ襟を持ち、脇を締めて相手の頸関節を自由に動かないようにする(図14参照)、俗に、首を殺すといわれる組み方である。この組み方になると、技が掛けにくいというだけでなく、体幹、及び作用足の関節運動、さらに、頸反射運動にまで影響し、効果のある投技を掛けることが出来ないことがこの実験から示唆された。特に、大外刈、小外刈のように、軸足を踏み込み、ついで、作用足を前方へ振り出すタイプの技は、この研究の結果を当てはめることが可能であると思われる。しかし、数多くある技のなかで、影響を受ける技、影響を受けない技の確認は、これから追求していきたい。

今日、日本に多くの外国選手が柔道の練習のために訪れるが、組み方の指導を受けた時に、後ろ襟を持つ組み方を直されることに疑問を持つ選手もいる。現実には、国際試合でこの組み方に破れている現在、否定するだけではなく、試合の組み方として受け入れると共に十分な対策を考える必要があると言えよう。岡田^{2)-1,2)-2}ら

は、柔道選手の頸筋が他のスポーツ選手に比較して筋力、筋持久力共に優れ、これは、長期間の柔道練習によって高められたと結論付けている。すなわち、直接は関係しない頸関節の筋肉も技に関与していることを示し、このことから、頸関節の動きを制限することは技の効果を弱めることになると言えよう。

V. ま と め

頸関節にコルセットを装着し、関節運動を制限した場合と制限しない場合の大外刈について16 mm 高速度映画法によって分析した結果、運動制限をした場合、対称性頸反射が抑制され上肢の屈曲動作が弱くなる。この結果、下肢の屈曲も抑制され、作用足の股屈曲、膝関節の伸展動作が著しくなる。この結果、作用足は高く上がり、「受」の下肢を刈り倒すという技の目的をはずれ、作用足を前上方に振り出す動作が中心になることが分かる。また、作用足をすみやかに振り下ろすことが出来ずに、作用足の動きが停滞する時間帯が認められた。これは、相手に防御姿勢をとる時間的余裕を与えるだけでなく、返し技を掛けられる可能性が高くなる。しかし、大外刈は、作用足と軸足の相対的關係で成り立っている技であることから、軸足に与える影響や「受」の状況をもち考慮する必要がある。この件については、さらに究明を試みたい。

稿を終わるに臨み、測定に協力された本学学生諸君に謝意を表します。なお、本研究の要旨の一部は、第18回日本武道学会に於いて発表した。

文献

- 1) 猪熊 功, 佐藤宣践: ベスト柔道, 講談社, 1979, pp.66-67.
- 2) - 1 岡田修一, 生田香明等: 筋力とEMG解析からみた屈筋と伸筋の特性の比較, 体育学研究, 31(3): 227-234, 1986.
- 2) - 2 岡田修一, 猪熊 真等: EMG解析からみた柔道練習者の頸部屈筋持久力, 武道学研究, 20(3): 21-27, 1988.

- 3) 金子公有：第3章 動きを生み出す身体のはたらき(2)―調整系―。松井秀治編，コーチのためのトレーニングの科学，大修館，1985，pp.81-99.
- 4) 金芳保之，高瀬一寿：筋電図と高速度写真による柔道投技の構造分析。武道学研究，12-2：35-42，1980.
- 5) Carloo：A kinetic analysis of the golf swing, J. Sports Md. 7：76-82, 1967.
- 6) 小林一敏：第5章 スポーツのバイオメカニックス，1. 力学の基礎。松井秀治編，コーチのためのトレーニングの科学，大修館，1985，pp.85-235.
- 7) 島村宗夫：姿勢反射。運動の反射生理学，真興交易医書出版部，1976，pp.140-150.
- 8) G. A. ローガン，W. C. マッキーニー：第2章 大関節の運動，第10章 キネシオロジー的構成，小野，小林，石井，波多野（訳）。キネシオロジー入門，講談社，1974，pp.16-29，pp.72-95.
- 9) J. S. ベンダット，P. G. ピアソル：6. 5. 5有限フーリエ変換による推定，得丸英勝他（訳），ランダムデータの統計的处理，培風館，1978.
- 10) 中村隆一，斉藤 宏：基礎運動学，医歯薬出版，1976.
- 11) - 1 福田 精：運動の平衡の反射生理，木村書店，1974.
- 11) - 2 福田 精：運動姿勢と姿勢反射，姿勢研究所，1975.
- 12) 松井秀治：V. 運動体としての身体。身体運動学入門，大修館，1979.
- 13) 松本芳三，浅見高明：柔道，大修館，1967.
- 14) - 1 三浦修史：柔道投技の研究―内股を対象とした筋電図学的研究―。アカデミア，76：151-158，1970.
- 14) - 2 三浦修史：柔道投技の研究―大外刈の分析―。アカデミア，85：77-94，1972.
- 14) - 3 三浦修史：柔道投技の研究―大外刈の分析2―。アカデミア，91：25-40，1973.
- 14) - 4 三浦修史：柔道投技の研究―大外刈の作用足に関する研究―。アカデミア，143：171-189，1981.
- 14) - 5 三浦修史，竹内外夫：柔道投技の研究―大外刈の作用足に関する研究2―。アカデミア自然科学・保健体育編，3：21-24，1987.
- 14) - 6 三浦修史，竹内外夫：柔道投技の研究―大外刈の上体と軸足に関する運動力学的考察―。アカデミア自然科学・保健体育編，4：23-43，1988.
- 15) 南 茂夫：科学計測のための波形データー処理，CQ出版，1987.